Die jüngeren tektonischen und magmatischen Phasen im Gebirgszuge Karpathen—Balkan

(Eine Betrachtung zu H. Stilles magmentektonischer Phasengliederung)

Von Walther Emil Petraschek jr.

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juni 1949)

Die Auffassung, daß die sauren und intermediären Magmen durch Wiederaufschmelzung des sialischen Tiefenwulstes der Orogene entstanden seien, wird heute weitgehend vertreten. Das wesentliche Merkmal der diesbezüglichen Darlegungen von H. Stille (1940) liegt in der zeitlichen Betrachtung der Vorgänge, also in der strengen zeitlichen und ursächlichen Koordinierung gebirgsbildender und magmatischer Phasen. Die Datierung dieser Ereignisse ist in der östlichen und südöstlichen Fortsetzung des alpidischen Nordstammes viel besser durchführbar als in den Alpen selbst, weil in den Gebirgskörper der Karpathen und Balkaniden kretazische und tertiäre Meerestransgressionen tiefer eingedrungen sind.

Die nachstehenden Ausführungen sind in vielem ein Auszug aus dem Schlußabschnitt einer ausführlichen Abhandlung des Verfassers über Gebirgsbildung, Vulkanismus und Metallogenese in den Südkarpathen und Balkaniden (W. E. Petraschek 1942), auf welche bezüglich der Einzelbeobachtungen und Begründungen auch verwiesen werden muß. Da aber ein Teil der Auflage dieser Abhandlungen durch die Kriegsereignisse zerstört wurde und da ferner zu diesem Thema seit dieser Zeit einige neue, sehr wesentliche Veröffentlichungen erschienen sind — so besonders das ausgezeichnete Sammelwerk „Géologie de la Bulgarie“ 1946 (in bulgarischer Sprache) und eine Abhandlung von M. Vendl über die karpathische Metallprovinz 1947 —, so ist

eine Überschau über diesen Fragenkreis im besonderen Hinblick auf Stilles magmentektonische Phasengliederung gerechtfertigt.

1. Die Altersbestimmung der orogenen und magmatischen Phasen.

In den zentralen Rhodopen hatte Wilhelm Petrascheck 1931 eine mächtige Marmordecke festgestellt, die mit einer diaphtoritischen und verkneteten Unterlage auf kristallinen Schiefern liegt. Über der Deckengrenze transgrediert marines Alttertiär, beginnend mit Obereozän und nach oben fortsetzend in Oligozän (A. Janichevsky). Darüber liegen mächtige Deckenergüsse von Trachyt und Andesit. Die Überschiebung hat also vor dem Obereozän stattgefunden. Das schließt nicht aus, daß sie noch zur alpidischen Gebirgsbildungsära gehört und nicht zur variszischen, wie Ž. Galabov und andere vermuteten. Stille zog mittelkretazisches Alter in den Bereich der Möglichkeit in Analogie zur „vorgosauischen Faltung" in der anschließenden Vardarzone in Mazedonien. Auch die bulgarischen Geologen neigen heute zur Auffassung eines alpidischen Alters der rhodopischen Überschiebungen. E. Bončev (1946) begründet das erstens damit, daß die früher für altpaläozoisch gehaltenen Kalke des Strandža-Gebirges als mesozoisch erkannt wurden, was darum auch für die Rhodopenkalke gelten könnte, und zweitens mit der Unterscheidung einer höheren, rein mylonitischen Kalkdecke in den Zentralrhodopen. Von D. Jaranoff und L. A. Iwanoff wurden im nördlichen Randteil der Rhodopen örtlich auch nacheozäne Deckenschübe festgestellt, die in die Wende Eozän/Oligozän eingestuft werden.

Es sprechen also viele Anzeichen für einen altalpidischen (kretazischen oder laramischen) Hauptdeckenschub in den Rhodopen, und dies würde durchaus mit den Verhältnissen in den anderen zentralen Zonen des alpinen Orogens übereinstimmen[1].

Was den mesozoisch-tertiären Magmatismus in den Rhodopen betrifft, so liegen die ersten Tuffe im Obereozän. Die Hauptergüsse der Trachyte und Andesite erfolgten nach Str. Dimitroff im Oligozän, in Mazedonien auch im Miozän. Junge Tiefengesteine sind in den eigentlichen Rhodopen nicht nachgewiesen, doch

[1] Unerörtert bleibe hier die bulgarische Auffassung, daß in den Rhodopen generelle Südbewegung herrsche, daß also die Rhodopen bereits zum dinarischen Stamm gehören. Die gegenteiligen örtlichen Feldbeobachtungen des Verfassers (1942) wurden auch in der „Géologie de la Bulgarie" nicht widerlegt oder beweisend umgedeutet.

schienen mir nordwestlich von Nevrokop Übergänge zwischen trachytisch-rhyolithischen und granitischen Gesteinen vorzuliegen, die der näheren Untersuchung wert wären. Von Mačkatica in Mazedonien hat G. Hiessleitner Übergänge von jungen Erguß- und Tiefengesteinen bekanntgemacht (1947). Als sicheres Anzeichen eines mit dem mitteltertiären Vulkanismus ungefähr gleichzeitigen Plutonismus in der Tiefe der rhodopischen Masse möchte ich in Übereinstimmung mit A. Janichevsky die weit verbreiteten, kilometerlangen Gänge der kiesig-blendigen Bleierzformationen ansehen, welche die Effusiva und die kristallinen Schiefer durchsetzen und welche mit einer hydrothermalen Nebengesteinsumwandlung (Pyritisierung, Serizitisierung u. a.) verbunden sind.

Nördlich der rhodopischen Masse liegt die Subbalkanische Kreide-Eruptivzone. Ihr Inhalt bis einschließlich Senon ist intensiv gefaltet und geschuppt. Mitteleozän (Auversien) transgrediert im Osten bei Sliwen über diesem Faltenbau. Wegen des Verschwindens des Meeres mit dem Danien hat E. Bončev diese Faltung an die Wende Kreide/Eozän eingestuft (Laramische Phase). Allerdings hält dieser Verfasser auch einen etwas späteren Zeitpunkt innerhalb des Untereozäns für möglich, da in der Fortsetzung der Zone jenseits des Bosporus auf der Bytinischen Halbinsel nach A. Fuat Baykal (1942) das Senon auf Ypresien aufgeschoben und von Lutetien flach überlagert ist.

Die Subbalkanische Zone ist besonders reich an magmatischen Erscheinungen. Seit langem ist bekannt, daß die senonen Mergel in der ganzen Zone mit Andesittuffen und Andesitdecken wechsellagern. Daraus geht das senone Alter und die submarine Natur des Andesitvulkanismus unzweifelhaft hervor.

Wenn es sich also dem Auftreten nach um einen Geosynklinalvulkanismus handelt, so ist es doch kein ophiolitischer Vulkanismus des vororogenen Geosynklinalstadiums, überhaupt kein echter „initialer Vulkanismus". Darauf hat H. Stille nachdrücklich aufmerksam gemacht. Denn in stofflicher Hinsicht sind die senonen submarinen Andesite nicht unterscheidbar von den tertiären Andesiten des karpathischen und dinarischen Gebirgssystems, welche nach dem Abschluß der alpinen Hauptfaltung terrestrische Deckenergüsse bildeten. Stille hält daher auch die senonen Andesite Bulgariens für Produkte des sialischen orogenen Magmatismus, und zwar für subkrustal zugewanderte Schmelzen aus dem Tiefenbereich vorangegangener, kretazischer Orogenesen in den zentraleren Zonen des Gebirges, also etwa den Rhodopen oder der Vardarzone.

Str. Dimitroff hat sich kürzlich gegen diese Deutung gewendet und unter Hinweis auf den vorwiegend basischen Charakter der senonen Vulkanite (48—57% SiO_2) diese für Produkte eines echten basischen Initialvulkanismus erklärt (Géologie de la Bulgarie 1946). Auch den geringen Differentiationsspielraum führt Dimitroff zugunsten seiner Auffassung an.

Es sei demgegenüber darauf hingewiesen, daß neben dem Andesit zusätzlich und untergeordnet auch saure Gesteine, wie Trachyt und Rhyolith, auftreten. Wesentlicher ist aber die chemisch-petrographische Ähnlichkeit mit den unzweifelhaft sialischen Vulkaniten. Dies macht auch der Vergleich der Niggli-Werte von zwei typischen Andesiten deutlich:

Augit-Andesit der Witoša (Senon) al = 25,9, fm = 38,5, c = = 28,0, alk = 9,3 (errechnet aus einer Analyse von Str. Dimitroff).

Andesit des Matra-Gebirges (Miozän) al = 29,5, fm = 30,5, c = 28,0, alk = 10,0 (nach M. Vendl).

Besonders aber zugunsten der Auffassung Stilles spricht die Erzgefolgschaft der senonen Vulkanite Bulgariens. Es sind nicht Chromerze oder Roteisenlager, wie sie für den Ophiolithmagmatismus bzw. den geosynklinalen Diabasvulkanismus kennzeichnend sind, sondern sedimentär-exhalative Manganerzlager und goldreiche Kupfererzlagerstätten der Enargitformation (Panagjurište), die letzteren verknüpft mit einer regionalen Propylitisierung[2]. Gerade von der Cu-As-Lagerstättenformation hat G. Hiessleitner kürzlich gezeigt, daß diese nicht nur in SO-Europa (Bor, Dudice, Matra-Gebirge), sondern überall in der Welt an einen andesitisch-monzonitischen Magmatismus gebunden erscheint, der spätorogen oder subsequent, nie aber initial war.

Die zweite magmatische Phase der Subbalkanischen Kreide-Eruptivzone war ein dioritisch-syenitischer Plutonismus im Anschluß an die Faltung. Das Alter der Diorit-, Syenit-, Monzonit- und Granodioritstöcke, die beiderseits des Südrandes der Kreide-Eruptivzone aufsetzen, ist gut bestimmbar. W. Petraschek fand im Osten bei Burgas angeschmolzene Brocken des senonen Andesits im Syenit, Str. Dimitroff stellte eine starke kon-

[2] Die Erwägung Hiessleitners, daß die Cu-Lagerstätte von Panagjurište auf einen tertiären Andesit zurückgehen könnte, ist nicht zu akzeptieren. Denn erstens ist das Eozän nirgendwo von Andesiten durchbrochen und zweitens sind die Erzkörper stark deformiert und in den laramischen Schuppenbau eingeregelt.

taktmetamorphe Beeinflussung jurassischer und senonischer Sedimente am Witoša-Massiv im Westen fest. Die Intrusiva sind also nachsenonisch. Sie wurden daher von Str. Dimitroff und E. Bončev als laramisch angesprochen. Eine sichere obere Altersgrenze konnte der Verfasser durch die Auffindung von Geröllen des Witoša-Syenits im obereozänen Basiskonglomerat des Perniker Kohlenbeckens geben.

Der unmittelbare Anschluß der Intrusionen an die „laramische“ Faltung ist auch aus „granittektonischen“ Merkmalen zu erschließen. Das Gefüge der Plutone ist nicht tektonisch deformiert, aber es läßt erkennen, daß dieselben noch unter der Nachwirkung jenes Spannungsfeldes standen, welches die laramischen Dislokationen verursacht hatte. So haben die plattigen Scholleneinschlüsse und örtlichen Paralleltexturen im Syenit von Plovdiv ein westnordwestliches, den laramischen Falten gleichgerichtetes Streichen (W. E. Petrascheck 1942); der Witoša-Pluton ist aus einer ebenso streichenden tektonischen Fuge herausgequollen, woraus sich die primäre zonare Anordnung der einzelnen Diorit- und Monzonitvarietäten ergibt (Str. Dimitroff). Auch das Massiv von Kološ hat laramischen, westnordweststreichenden Innenbau, während seine äußeren Konturen durch die jüngere, nordnordwestverlaufende savische Faltentektonik bestimmt sind.

Die Kette des Balkans im engeren Sinne (Stara Planina) wurde nach E. Bončev im oberen Eozän aufgefaltet. Eine ältere, schwächere Diskordanz liegt bei Warna zwischen Lutetien und Auversien, die Hauptdiskordanz an vielen Stellen über dem Auversien, aber wahrscheinlich noch unter dem Priabon (Pyrenäische Phase). Junger Magmatismus fehlt im Balkan. Als entfernte Ausläufer eines solchen sind nur die apomagmatischen Blei-Zink-Kupfer-Lagerstätten in der mesozoischen Hülle der westbalkanischen Antiklinalen zu betrachten. Die jüngste vererzte Formationsstufe ist der obere Jura; anderseits sind die Lagerstätten von der obereozänen Faltungs- und Überschiebungstektonik des Balkans noch erfaßt worden (W. E. Petrascheck 1942). Es könnte sich also um zeitliche Äquivalente der vorerwähnten laramischen Intrusionen in der südlich angrenzenden Subbalkanischen Zone handeln.

Die Hauptorogenese in den Südkarpathen, nämlich der Aufschub der Getischen Decke auf das Autochthon, fand an der Wende Unter-Ober-Kreide, genauer im oberen Alb statt. In dem Banater Abschnitt der Südkarpathen wurde durch A. Streckeisen und A. Codarcea noch eine zweite Bewegungsphase während der oberen Kreide festgestellt, durch

welche die unterkretazischen Sinajaschichten auf oberkretazische Mergel überschoben wurden. Bei dieser Orogenese wurden auch die jungpaläozoischen bis oberjurassischen Sedimente der Mulde von Reschitza in Falten gelegt.

Die magmatischen Ereignisse der eigentlichen Südkarpathen beschränkten sich auf die Intrusion der Banatite eben in jener Reschitza-Zone und nordwärts im Becken von Hatzeg und im Bihor-Gebirge. Die Intrusion gilt seit jeher als hoch-oberkretazisch. Sie ist sicher jünger als jene zweite kretazische Faltungsphase, weil die Banatitstöcke deren Dislokationen durchschneiden und dabei in ihrem Gefüge völlig unberührt sind. Während in der Reschitza-Zone selbst nur Oberjurakalk umgewandelt ist, sind am Südrand der Poiana Rusca von F. Schafarzik und F. Baron Nopsca kontaktmetamorphe Senonablagerungen, anderseits aber Porphyrittuffe im Danien beschrieben worden. Damit ist der Banatitvulkanismus wohl in die alleroberste Kreide einzustufen.

Die Banatite stellen hinsichtlich ihres Chemismus, ihres Alters und ihrer Lage am Rande einer tektonischen Senkungszone eine Fortsetzung der laramischen Diorite und Syenite Bulgariens dar. Das gilt auch für die beiderseitige Lagerstättengefolgschaft: sie besteht aus kontaktnahen Magnetit-, Kupferkies- und Pyritlagerstätten. Der große Anteil pneumatolytischer Mineralbildungen im Kontaktbereich der Banatite läßt auf den Reichtum des Magmas an flüchtigen Bestandteilen schließen. Damit hängt vielleicht auch die geradezu siebartige Durchlöcherung der Reschitza-Mulde durch zahlreiche mittlere, kleine und kleinste Eruptivdurchbrüche zusammen.

Der Hauptzug der Südkarpathen ist frei von nachweisbar jungem sialischem Magmatismus. Der Zentralgneis der Autochthonfenster ist hinsichtlich seiner Entstehung ähnlich umstritten wie der Zentralgneis der Tauern. G. Manolescu hält ihn für ein alpidisch umgeformtes variszisches Intrusivgestein, St. Ghica-Budesti für das Produkt einer syntektonischen Granitisation (nicht Palingenese!). Jedenfalls fehlt dem südkarpathischen Zentralgneis ein junger Lagerstättenhof.

Dort, wo durch das Ausschwenken des Karpathenbogens gegen Osten die innersten, dem Pannonischen Zwischengebirge nächstgelegenen Zonen sichtbar werden, treten die jungen Effusiva Siebenbürgens zum Vorschein. So wie die Banatite nach Art, Alter und Position den subbalkanischen Dioriten und Syeniten entsprechen, so sind die siebenbürgischen tertiären Vulkanite gleichsam ein homologes Gebilde zu den Vulkaniten der Rhodopen.

Der kristallin-mesozoische Sockel des Siebenbürgischen Erzgebirges war von der kretazischen Orogenese betroffen worden; im Tertiär hat er nur eine im Vergleich dazu schwache Bruchfaltung erlebt. Ein hoch-oberkretazischer Magmatismus zeigt sich nur im Bihor-Gebirge in Form von Graniten, Doriten, Daziten und Rhyolithen. Es ist dies die unmittelbare Nordfortsetzung der banatitischen Eruptionszone. Nach M. Vendl (1947) nimmt der Kieselsäuregehalt dieser Gesteinsserie gegen Norden zu. Im eigentlichen Siebenbürgischen Erzgebirge ist der verbreitete Magmatismus jungtertiär. Granodiorite und Dioritporphyrite sind untermiozän, die viel häufigeren Rhyolithe, Dazite und Andesite mittelmiozän bis sarmatisch.

In den Ostkarpathen ist nach Th. Kräutner die mittelkretazische und vor allem die laramische Faltung wirksam gewesen. Eozän (Lutetien) liegt vielfach diskordant auf Oberkreide, so am Innenrand des Rodna-Massivs im Becken von Tibau. Eine post-aquitane, wohl savische Bruchfaltung hat die Randzonen des Massivs betroffen.

Die Effusiva der Ostkarpathen sind jungtertiär. Im Vihorlat sind es vorwiegend Rhyolithe, südlich der Theiß bei Baia Mare auch mittel- und obermiozäne Andesite. In der Hargita liegen große Decken von sarmatischem bis jungpliozänem Andesit.

Die Westkarpathen wurden nach der zusammenfassenden Darstellung D. Andrussovs in ihren zentralen Teilen vor dem Paläogen gefaltet. Dabei fanden die Hauptbewegungen teils in mittelkretazischer, teils in nachsenonischer Zeit statt. Das Alttertiär liegt relativ ungestört auf dem Falten- und Deckenbau. Die gegen außen anschließende Pienninische Klippenzone zeigt eine intrasenonische Diskordanz; ihre eigentliche Bewegung erfuhr sie aber erst nach dem Paläogen. Das letztere gilt auch für die noch weiter außen liegenden Flyschdecken, die in der savischen Phase bewegt werden.

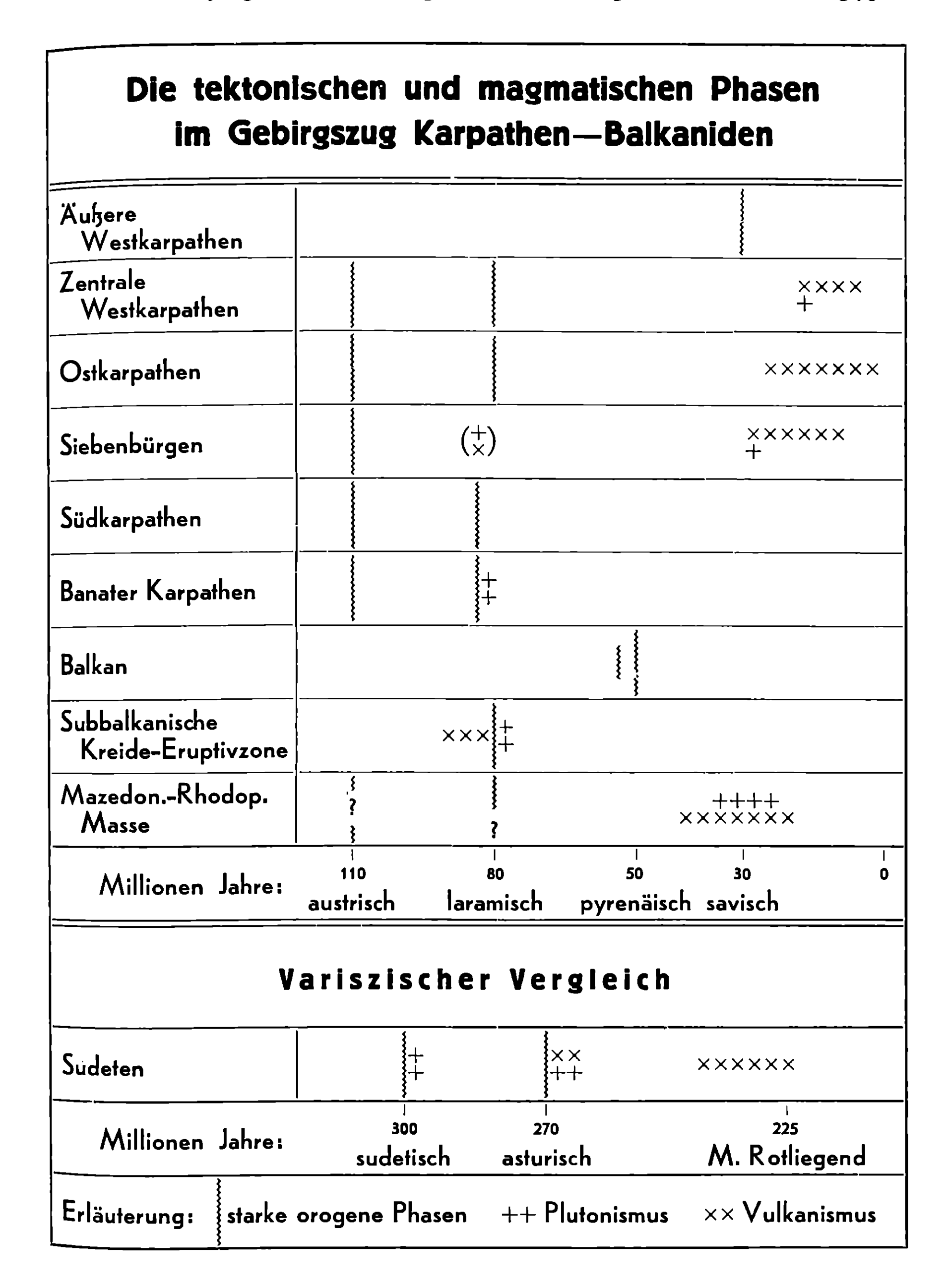
Der Andesit-Rhyolith-Vulkanismus am Innenrande der Westkarpathen und in den angrenzenden Teilen des Pannonischen Beckens ist mittelmiozän. Im Veporgebirge ist in Verbindung damit auch Augitdiorit und Granodiorit intrudiert. Einen Beweis für die Existenz eines jungen Tiefenplutonismus stellen auch die Siderit-Magnesit-Kupferkies- und Antimonitlagerstätten des Slowakischen Erzgebirges dar, welche eine absolute Verwandtschaft zur jungen alpinen Metallogenese aufweisen. Aber der gleich alte und jüngere Effusivvulkanismus überwiegt bei weitem.

2. Theoretische Bemerkungen.

Die soeben geschilderten zeitlichen Verhältnisse von Orogenese und sialischem Magmatismus sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefaßt. Es sind nur die kräftigsten orogenen Phasen vermerkt, die in den betreffenden Zonen Faltenbau und Deckenüberschiebungen bewirkt haben, denen also die Bildung eines Tiefenwulstes mit nachfolgender Aufschmelzung zugebilligt werden kann. Dabei ist die Datierung gemäß der absoluten Altersbestimmung nach den radioaktiven Methoden dargestellt, wofür die neueren Zusammenstellungen von R. Schwinner (1944) und S. v. Bubnoff (1947) eine hinreichend fundierte Unterlage geben[3]. Dieser absolute Zeitmaßstab läßt die Invervalle zwischen gebirgsbildenden und magmatischen Phasen besser überblicken. Zum Vergleich sind im selben Maßstab die gut bekannten magmato-tektonischen Verhältnisse aus der variszischen Ära in den Sudeten beigefügt.

Die Tabelle zeigt — worauf ich schon 1942 hingewiesen habe —, daß eine enge Koordinierung tektonischer und magmatischer Phasen nicht besteht. Die starke mittelkretazische Orogenese in den zentralen Zonen des Gebirgsstammes ist ohne unmittelbare magmatische Nachwirkungen geblieben. Am ehesten ist eine mittelbare Nachwirkung im Sinne Stilles noch in Bulgarien zu erkennen, wenn wir die submarinen Andesite als zugewanderte sialische Schmelze auffassen, die bei einer kretazischen Gebirgsbildungsphase in den angrenzenden Rhodopen gebildet wurde. Diese Orogenese hätte einen latenten palingenen Magmenherd geschaffen, der anläßlich der tiefen geosynklinalen Absenkung in der Subbalkanischen Zone zum Ausfluß gekommen war. Die nachfolgende laramische Faltung hat aus diesem Herd neuerlich Magma mobilisiert, das in Form der dioritisch-monzonitischen Intrusionen in Erscheinung trat. Diese Plutone sind hinsichtlich ihres Chemismus und ihrer Erzgefolgschaft (Kupfer, Schwefeleisen) mit den wenig älteren submarinen Andesiten nahe verwandt; daß sie etwas kalireicher und saurer sind, könnte auch damit zusammenhängen, daß sie zum Teil im Bereich des kristallinen Südrahmens der Kreidezone intrudiert

[3] R. Schwinner macht allerdings darauf aufmerksam, daß die Fehlergrenze der Datierung 20% beträgt. Für das Tertiär ist die Ungenauigkeit noch größer wegen der unverläßlichen Heliummethode. Relativ gut bestimmt ist die laramische Phase durch die Pechblende von Gilpin County mit 83 Millionen Jahren nach F. Hecht. (Freundliche briefliche Mitteilung von Kollegen Schwinner.)


Die tektonischen und magmatischen Phasen
im Gebirgszug Karpathen—Balkaniden
Äußere Westkarpathen
Zentrale Westkarpathen
Ostkarpathen
Siebenbürgen
Südkarpathen
Banater Karpathen
Balkan
Subbalkanische Kreide-Eruptivzone
Mazedon.-Rhodop. Masse
?
?
Millionen Jahre:
110
80
50
30
0
austrisch
laramisch
pyrenäisch
savisch
Variszischer Vergleich
Sudeten
Millionen Jahre:
300
270
225
sudetisch
asturisch
M. Rotliegend
Erläuterung:
starke orogene Phasen
++ Plutonismus
×× Vulkanismus

sind, während die submarinen Schmelzen nur mit dem kalkreichen Inhalt der Senongeosynklinale in Berührung standen.

Aus der karpathischen Fortsetzung des mittelkretazischen Magmenherdes ließen sich auch noch die Banatite beziehen, deren Intrusion durch die oberkretazische Faltung in der Reschitza-Zone ausgelöst worden sein kann. Im langen Zuge der Ost- und Westkarpathen, aber auch in den großen Deckenkulminationen der Südkarpathen war die mittelkretazische Orogenese in magmatischer Hinsicht wirkungslos geblieben.

In den inneren Zonen des ganzen Gebirgsstammes setzte ein weit verbreiteter Vulkanismus erst viel später, nämlich im mittleren, meist sogar im jüngeren Tertiär ein, ohne daß dort eine stärkere Orogenese vorangegangen wäre — vielleicht abgesehen von den nördlichen Randpartien der Rhodopen. (Die savische Faltung spielte sich ja bekanntlich in den Außenzonen der Gebirge ab.) In den Rhodopen begannen die großen Eruptionen bereits im Oligozän, in Mazedonien, Siebenbürgen, den Ostkarpathen und am Innenrand der Westkarpathen aber erst im Miozän. Dieser Vulkanismus war in der rhodopisch-mazedonischen Masse und im slowakisch-oberungarischen Erzgebirge mit einem Plutonismus verbunden, der an einzelnen Tiefengesteinsaufschlüssen und an charakteristischen Lagerstättenhöfen erkennbar ist[4].

Diese offensichtlich mangelnde Kongruenz von tektonischen und magmatischen Phasen macht es — bei aller grundsätzlichen Anerkennung einer möglichen orogenen Wiederaufschmelzung — wohl nicht angängig, einen gelegentlich während eines gebirgsbildenden Zyklus in Erscheinung tretenden Plutonismus als „interzedent“ gleich einer bestimmten Phase genetisch zuzuordnen. Es ist eine solche unmittelbare Zuordnung auch gar nicht wahrscheinlich. Man wird P. Niggli durchaus beistimmen, wenn er auf die zu fordernde Zeitdauer dieser Vorgänge hinweist. Die Tiefenwulstbildung bei einer Faltung, die Aufschmelzung des Tiefenwulstes und der Aufstieg der palingenen Schmelze brauchen sicher so viel Zeit, daß die im Anschluß an eine orogene Phase intrudierten „spätorogenen“ oder auch „interzedenten“ Plutone nicht eben während dieser Phase gebildet sein können. Wir werden uns besser mit der Vorstellung latenter Magmenherde unter den zentralen Zonen der Orogene vertraut machen.

[4] Anmerkung während der Korrektur: Zwei inzwischen erschienene interessante Abhandlungen von F. Hermann (Verh. Geol. B. A. f. 1947) und G. Hiessleitner (Jb. Geol. B. A. f. 1949) über die Antimonlagerstätten der Alpen und des Balkans stellen fest, daß die Verbreitung des mittel- und jungtertiären Magmenherdes durch die Sb-Vorkommen geradezu markiert wird.

Fruchtbar ist Stilles Vorstellung von der subkrustalen Magmenwanderung im Verlaufe der Orogenese, welche mit einer gerichteten Differentiation verbunden ist. Am Beispiel des innerkarpathischen Vulkankranzes hat M. Vendl gezeigt, daß die leichtesten, sauren Teile der Schmelze mit den meisten flüchtigen Bestandteilen am weitesten vom orogenen Herd weg gegen das Pannonische Massiv hin wanderten. Es erinnert dies an das großartige Beispiel der subkrustalen Wanderung des Magmas gegen Osten im nordamerikanischen Kordillerensystem unter gleichzeitiger Differentiation nach der alkalischen Seite, wobei sich zugleich die fluorhaltigen Emanationen anreicherten (W. Lindgren, H. Stille). Ich selbst habe am Beispiel des alpin-karpathisch-balkanischen Gebirgszuges eine bevorzugte Ansammlung der metallführenden flüchtigen Bestandteile in den großen tektonischen Gewölben festzustellen versucht, während der gleichzeitige Magmatismus der Senkungszonen am Gebirgsinnenrand lagerstättenmäßig steril blieb (Alpen, Westbulgarien). Nur dort, wo die Gewölbe nicht intrudiert wurden, verblieben die erzbringenden flüchtigen Bestandteile bei den in den Senkungszonen austretenden Schmelzen (Karpathen, Westbulgarien; siehe W. E. Petrascheck 1943/44). Auch dies ist also ein Beispiel der Differentiation bei den subkrustalen Wanderungen der orogenen Magmen.

Teilweise ungelöst bleibt bei der Vorstellung von der palingenen Natur der Magmen das Problem der Herkunft der eben erwähnten flüchtigen Bestandteile. Bezüglich des Metallinhaltes der magmatogenen Erzlagerstätten ist die Antwort nicht schwer, soferne man ihn aus dem Lagerstättenbestand der umgeschmolzenen Erdkrustenteile bezieht. Schwierig aber ist die Herleitung des Wassers, das auch in palingenen Magmen vorhanden gewesen sein muß. Denn es ist in der nötigen Menge weder in den hydroxylhaltigen Mineralien der umgeschmolzenen Eruptiva oder kristallinen Schiefer noch in einem trockenen Intrusionsrahmen vorhanden.

Schließlich verdient der Begriff des „Subsequenten Vulkanismus“ im Lichte des tektonisch-magmatischen Geschehens im alpin-karpathischen Gebirge eine kritische Betrachtung in dem Sinne, wie es kürzlich E. Bederke (1948) an Hand variszischer Beispiele getan hat. Bederke hat betont, daß der synorogene und spätorogene Plutonismus der deutschen Mittelgebirge vielfach nachweisbar mit einem gleichalterigen Effusivvulkanismus unmittelbar verbunden ist, während anderseits der

typisch subsequente Rotliegendvulkanismus wenigstens örtlich eine Verbindung mit einem Plutonismus erkennen läßt. Plutonismus und Vulkanismus sind daher nach Bederke nicht so scharf zu trennen, wie es heute gerne getan wird, sondern sind im Sinne der altgeläufigen Vorstellungen oft tatsächlich nur eine Funktion der Erstarrungsbedingungen.

Wir haben in der rhodopisch-mazedonischen Masse gesehen, daß im Bereich der oligo-miozänen Effusiva die unverkennbaren Anzeichen und gelegentlich sogar Vertreter eines gleichzeitigen echten Plutonismus erkennbar sind. In den Ostkarpathen gibt es neben den verbreiteten jungtertiären Effusivdecken den Syenit von Ditrau, der nach G. Macovei miozänes Alter hat. Aus dem slowakisch-oberungarischen Vulkangebiet führen H. v. Boekh und M. Vendl auch jungtertiäre Tiefengesteine an. Ein Teil der apomagmatischen Erzgänge beweist dort gleichfalls einen verborgenen plutonischen Herd.

Der jungtertiäre Vulkanismus, den H. Stille im balkanisch-karpathischen Gebirgssystem als subsequent bezeichnet hat, ist also mit einem Plutonismus verbunden. Umgekehrt ist der kretazische spätorogene Banatplutonismus im Bihor-Gebirge mit Effusivdecken verknüpft.

Es scheint also — ganz im Sinne der alten Auffassung —, daß das Vorkommen von Tiefengesteinen und Ergußgesteinen zu einem Teil vorwiegend vom Abtragungsniveau abhängt und daß der im Anschluß an die Gebirgsbildung folgende Magmatismus deshalb ein subsequenter Vulkanismus ist, weil nachher keine tiefgreifende orogene Heraushebung mehr stattfand, welche die Plutone freilegte.

Der subsequente Magmatismus des balkan-karpathischen Bogens folgt in recht beträchtlichem Zeitabstand den verursachenden orogenen Phasen, wenn wir uns bei der Betrachtung auf die inneren Gebirgszonen als den eigentlichen Schauplatz des magmatischen Geschehens beschränken. Zwischen der laramischen Faltung und den jungtertiären Eruptionen liegen 50—60 Millionen Jahre; auf die mittelkretazische Hauptfaltung bezogen sind es sogar 80—90 Millionen Jahre. (Demgegenüber beträgt das Zeitintervall zwischen der asturischen Phase und dem Rotliegendvulkanismus nur 30 Millionen Jahre.) Würde man die savische Faltung für die Bildung der palingenen Schmelzen verantwortlich machen, so wäre der jungtertiäre Magmatismus allerdings unmittelbar folgend. Doch ist ja die savische Orogenese nur in den magmenfreien Außenzonen der Gebirge stark wirksam gewesen.

Aus all dem geht hervor, daß wir im betrachteten Gebirgsstamm eine enge Koordinierung von orogenen und magmatischen Ereignissen hinsichtlich der zeitlichen Einzelphasen und räumlichen Einzelzonen nicht generell behaupten können. Man wird darum wohl auch einer gelegentlichen Koinzidenz keine besondere genetische Bedeutung zuerkennen dürfen. Wenn auch diese Betrachtung in gewisser Hinsicht zu einer Verwischung des klaren Schemas von H. Stille führt, so soll damit doch keineswegs der Hauptwert der Stilleschen Betrachtungsweise des orogenen Wiederaufschmelzungsproblems angefochten werden, der eben in der Berücksichtigung der geologischen Zeitlichkeit der Vorgänge besteht.

Literaturverzeichnis.

(Die regionale Spezialliteratur bis 1942 ist in der Abhandlung des Verfassers Nr. 5 zitiert.)

1. Bederke, E., Grundfragen des Vulkanismus. — Geolog. Rundschau, 35, 1948.
2. Bubnoff, S. v., Rhythmen, Zyklen und Zeitrechnung. — Geolog. Rundschau, 35, 1947.
3. Cohen, R., Bončev, E., Dimitroff Str. u. a. Osnovi na Geologjata na Bulgaria (Geologie de la Bulgarie), Sofia 1946 (in bulgarischer Sprache); ausführliches deutschsprachiges Referat von W. E. Petraschek in Berg- und Hüttenmänn. Monatshefte. Leoben 1947).
4. Hiessleitner, G., Das Enargitvorkommen von Dudice in Mazedonien. — Jb. Geol. Bundes-Anst. f. 1945. Wien 1947.
5. Niggli, P., Zum Problem der Granitbildung. — Schweiz. Min.-petrograph. Mittlg. 1942.
6. Petraschek, W. E., Gebirgsbildung, Vulkanismus und Metallogenese in den Balkaniden und Südkarpathen. — Fortschr. Geol. u. Pal., H. 47. Berlin 1942.
7. Schwinner, R., Die geologische Zeittafel. — N. Jb. f. Min. Abt. B. 1944.
8. Stille, H., Magmato-tektonische Verhältnisse Bulgariens im Lichte allgemeinerer Erfahrungen. — Z. Bulg. Geol. Ges. 9. Sofia 1940.
9. — Zur Frage der Herkunft der Magmen. — Abh. Preuß. Akad. d. Wissensch., Jg. 1939, Math.-nat. Kl. Nr. 19. Berlin 1940.
10. Vendl, M., Studien aus der jungen karpathischen Metallprovinz, Mittlg. der Berg- u. Hüttenm. Abt. der Univ. Sopron, Bd. XVI, 1947.